



- ②① Aktenzeichen: P 35 12 947.6  
②② Anmeldetag: 11. 4. 85  
②③ Offenlegungstag: 16. 10. 86

## ⑦① Anmelder:

Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., 5300 Bonn, DE

## ⑦④ Vertreter:

Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Griebach, D.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.;  
Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 7000  
Stuttgart

## ⑦② Erfinder:

Ramsaier, Manfred, 7156 Neulautern, DE; Sternfeld,  
Hans J., Prof. Dr.-Ing., 7109 Jagsthausen, DE;  
Wolfmüller, Karlheinz, Dr.-Ing., 7519 Eppingen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

## ⑤④ Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf und Dampferzeuger zur Durchführung dieses Verfahrens

Um bei einem Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf in einem Dampferzeuger, bei dem man in einer Heißgasreaktionskammer Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf reagieren läßt, bei dem man in der Wand der Heißgasreaktionskammer Wasser erwärmt und bei dem man das erwärmte Wasser in die heißen Reaktionsgase einspritzt, Dampf auch für kleine Leistungen effektiv und homogen zur Verfügung stellen zu können, wird vorgeschlagen, daß man das Wasser vor dem Einspritzen in die Reaktionsgase stark drosselt und dadurch das Wasser in der Wand der Reaktionskammer auf eine gegebenenfalls oberhalb der gewünschten Endtemperatur des Wasserdampfes liegende Temperatur so weit erwärmt, daß man das Wasser in Form eines Zweiphasengemisches aus flüssigem Wasser und Wasserdampf in die heißen Reaktionsgase einspritzt. Ferner wird ein Dampferzeuger zur Durchführung dieses Verfahrens vorgeschlagen.

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

Anmelderin: Deutsche Forschungs- und  
Versuchsanstalt für Luft-  
und Raumfahrt e.V.  
5300 Bonn

Postanschrift:

Postfach 90 60 58  
5000 Köln 90

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf in einem Dampferzeuger, bei dem man in einer Heißgasreaktionskammer Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf reagieren läßt, bei dem man in der Wand der Heißgasreaktionskammer Wasser erwärmt und bei dem man das erwärmte Wasser in die heißen Reaktionsgase einspritzt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß man das Wasser vor dem Einspritzen in die Reaktionsgase stark drosselt und dadurch das Wasser in der Wand der Reaktionskammer auf eine gegebenenfalls oberhalb der gewünschten Endtemperatur des Wasserdampfes liegende Temperatur so weit erwärmt, daß man das Wasser in Form eines Zweiphasengemisches aus flüssigem Wasser und Wasserdampf in die heißen Reaktionsgase einspritzt.

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 2 -

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man die Reaktionsgase nach Einspritzung des Wasser-Dampf-Gemisches durch eine Verengung leitet und dadurch ihre Strömungsgeschwindigkeit erhöht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß man das erwärmte Wasser im Gegenstrom in das Reaktionsgas einspritzt.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man das erwärmte Wasser in eine Dralldüse einleitet und aus dieser in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers abgibt.
5. Dampferzeuger zur Durchführung des Verfahrens der Ansprüche 1 bis 4, mit einer Heißgasreaktionskammer, die von einem im wesentlichen stöchiometrischen Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff durchströmbar ist, welches in der Reaktionskammer zu Wasserdampf reagiert, und mit Kühlkanälen für Wasser in der Wand der Reaktionskammer, die über Einspritzöffnungen mit der Reaktionskammer in Verbindung stehen, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Einspritzöffnungen (13; 26) als Drossel ausgebildet sind und daß sich an die Reaktionskammer (1) eine Verdampferkammer (15; Ringräume 22, 24) an-

schließt, mit der die Reaktionskammer (1) über eine Strömungsverengung (Strömungskanäle 16; Drosselkanäle 25) in Verbindung steht.

6. Dampferzeuger nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (5) die Reaktionskammer (1) wendelförmig umgeben.
7. Dampferzeuger nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen (13) entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in der Reaktionskammer (1) gerichtet sind.
8. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen (13) Teil einer Dralldüse (10) sind, in die die Kühlkanäle (5, 9) so exzentrisch einmünden, daß das Zweiphasengemisch vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer (1) in Rotation versetzt wird.
9. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzöffnungen und zumindest zum Teil die Kühlkanäle (5) durch die Poren eines porösen, die Reaktionskammer (1) umgebenden Einspritzkörpers (Sintermetallrohr 32) gebildet werden.

A 46.572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 4 -

10. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampferkammer als die Reaktionskammer (1) koaxial umgebender Ringraum (22, 24) ausgebildet ist.
  11. Dampferzeuger nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdampferkammer einen unmittelbar mit der Reaktionskammer (1) verbundenen inneren Ringraum (22) und einen sich daran anschließenden, ebenfalls koaxial zur Reaktionskammer (1) angeordneten, äußeren Ringraum (24) umfaßt und daß zwischen den beiden Ringräumen (22, 24) eine Strömungsverengung (Drosselkanäle 25) angeordnet ist.
  12. Dampferzeuger nach einem der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Verdampferraum (15; Ringräume 22, 24) über einen Auslaß (17) mit verringertem Strömungsquerschnitt an einen Dampfverbraucher anschließbar ist.
-

- 5 -

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

Anmelderin: Deutsche Forschungs- und  
Versuchsanstalt für Luft-  
und Raumfahrt e.V.  
5300 Bonn

Postanschrift:

Postfach 90 60 58  
5000 Köln 90

### B e s c h r e i b u n g

Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf  
und Dampferzeuger zur Durchführung die-  
ses Verfahrens

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf in einem Dampferzeuger, bei dem man in einer Heißgasreaktionskammer Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf reagieren läßt, bei dem man in der Wand der Heißgasreaktionskammer Wasser erwärmt und bei dem man das erwärmte Wasser in die heißen Reaktionsgase einspritzt.

Ferner betrifft die Erfindung einen Dampferzeuger zur Durchführung dieses Verfahrens mit einer Heißgasreaktionskammer, die von einem im wesentlichen stöchiometrischen

Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff durchströmbar ist, welches in der Reaktionskammer zu Wasserdampf reagiert, und mit Kühlkanälen für Wasser in der Wand der Reaktionskammer, die über Einspritzöffnungen mit der Reaktionskammer in Verbindung stehen.

Ein solcher Dampferzeuger ist beispielsweise im deutschen Patent 29 33 932 beschrieben. Dieser bekannte Dampferzeuger ist jedoch vorwiegend für einen Einsatz bestimmt, bei dem große Mengen von Wasserdampf mit sehr hoher Temperatur und hohen Drücken erzeugbar sind, eine Übertragung dieser bekannten Konstruktion auf sehr kleine Dampferzeuger, die gegebenenfalls intermittierend betreibbar sind und schnell gestartet werden können, ist jedoch nicht möglich.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Verfahren zur Erzeugung von Wasserdampf derart zu verbessern, daß auch auf kleinstem Raum mit hohem Wirkungsgrad Dampf hoher Homogenität in kurzer Zeit bereitstellbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man das Wasser vor dem Einspritzen in die Reaktionsgase stark drosselt und dadurch das Wasser in der Wand der Reaktionskammer auf eine gegebenenfalls oberhalb der gewünschten Endtemperatur des Wasserdampfes liegende Temperatur so weit erwärmt, daß man das Wasser in Form eines Zweiphasengemisches aus flüssigem Wasser und Wasserdampf in die hei-

5512947  
A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 7 -

Ben Reaktionsgase einspritzt.

Durch diese Drosselung des die Reaktionskammerwand durchströmenden Wassers wird der Druck in den Kühlkanälen erhöht, so daß eine Anhebung des Siedepunkts möglich ist. Das in dem Kanal entstehende Zweiphasengemisch aus flüssigem Wasser hoher Temperatur und Wasserdampf wird durch die Einspritzöffnung in die heißen Reaktionsgase (Wasserdampf) der Reaktionskammer eingespritzt, wobei durch die Erzeugung eines Zweiphasengemisches in den Kühlkanälen die homogene Überführung des gesamten Kühlwassers in Wasserdampf erheblich gefördert wird.

Es ist vorteilhaft, wenn man die Reaktionsgase nach Einspritzung des Wasser-Dampf-Gemisches durch eine Verengung leitet und dadurch ihre Strömungsgeschwindigkeit erhöht. Eine solche Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit, die im übrigen bereits im Bereich der Einspritzöffnungen selbst stattfindet, führt zu einer erhöhten Relativgeschwindigkeit zwischen Wasserdampf einerseits und den flüssigen Wassertröpfchen andererseits. Diese unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit fördert den Verdampfungsvorgang der Wassertröpfchen, so daß durch diese Drosselung im Bereich der Einspritzöffnungen und durch eine anschließende Drosselung ebenfalls die Homogenisierung des Dampfes gefördert wird.

Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn man das erwärmte Dampf-Wasser-Gemisch im Gegenstrom in das Reak-

tionsgas einspritzt.

Es kann vorgesehen sein, daß man das erwärmte Wasser-Dampf-Gemisch in eine Dralldüse einleitet und aus dieser in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers abgibt, wobei sich dieser Schleier durch die Rotationsbewegung des Wasser-Dampf-Gemisches in der Dralldüse ergibt. Dieser Schleier kann vorzugsweise entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase eingespritzt werden, so daß der Schleier sich an die Innenwand der Reaktionskammer anlegt und die Kühlung dieser Innenwand unterstützt.

Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, einen gattungsgemäße Dampferzeuger so auszubilden, daß die Homogenisierung des Dampfes auf kleinstem Raum und in kurzer Zeit gefördert wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Dampferzeuger der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Einspritzöffnungen als Drossel ausgebildet sind und daß sich an die Reaktionskammer eine Verdampferkammer anschließt, mit der die Reaktionskammer über eine Strömungsverengung in Verbindung steht. Die zweimalige Anordnung von Drosselstellen führt in der oben beschriebenen Weise durch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten der Dampfpartikel und der noch nicht verdampften Wassertröpfchen zu einer Unterstützung der Verdampfung dieser Tröpfchen und damit zu einer Homogenisierung des Wasserdampfes.

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 9 -

Günstig ist es, wenn die Kühlkanäle den Reaktionsraum wendelförmig umgeben, dadurch ergibt sich eine besonders lange Erwärmzeit für das Kühlwasser in der Wand des Reaktionsraumes.

Günstig ist es, wenn die Einspritzöffnungen entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in der Reaktionskammer gerichtet sind.

Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Einspritzöffnungen Teil einer Dralldüse sind, in die die Kühlkanäle so exzentrisch einmünden, daß das Zweidampf-Wasser-Gemisch vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer in Rotation versetzt wird.

Bei einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, daß die Einspritzöffnungen und zumindest zum Teil die Kühlkanäle durch die Poren eines porösen, die Reaktionskammer umgebenden Einspritzkörpers gebildet werden, beispielsweise durch ein Sintermetallrohr.

Ein besonders platzsparender Aufbau ergibt sich bei einer Ausführungsform, bei der die Verdampferkammer als die Reaktionskammer coaxial umgebender Ringraum ausgebildet ist. Dadurch läßt sich die Baulänge des Dampferzeugers erheblich reduzieren.

Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn die Verdampferkammer einen unmittelbar mit der Reaktionskammer ver-

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 10 -

bundenen inneren Ringraum und einen sich daran anschließenden, ebenfalls coaxial zur Reaktionskammer angeordneten, äußeren Ringraum umfaßt und wenn zwischen den beiden Ringräumen eine Strömungsverengung angeordnet ist. Diese Strömungsverengung dient wieder dazu, den dampfförmigen Bestandteilen und den tröpfchenförmigen Bestandteilen unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten zu vermitteln, so daß die Verdampfung der tröpfchenförmigen Teile gefördert wird.

In allen Fällen ist es vorteilhaft, wenn der Verdampferraum über einen Auslaß mit verringertem Strömungsquerschnitt an einen Dampfverbraucher anschließbar ist. Der Querschnitt kann dabei in der Form ausgebildet sein, daß der Druck des austretenden Dampfes den jeweiligen Erfordernissen angepaßt ist.

Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient in Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Längsschnittansicht eines ersten bevorzugten Ausführungsbeispieles eines Dampferzeugers mit einer in der Verlängerung der Reaktionskammer angeordneten Verdampferkammer und einer Dralldüsengegeneinspritzung für das zugesetzte Wasser;

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 11 -

Fig. 2 eine schematische Längsschnittansicht eines abgewandelten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit einer die Reaktionskammer in Form von Ringräumen konzentrisch umgebenden Verdampferkammer;

Fig. 3 eine Ansicht ähnlich Fig. 3 eines abgewandelten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit radialer Einspritzung des Wassers in die Reaktionskammer und

Fig. 4 eine schematische Längsschnittansicht eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Dampferzeugers mit einer porösen Reaktionskammerinnenwand.

Der in Figur 1 dargestellte Dampferzeuger umfaßt eine zylindrische, langgestreckte Reaktionskammer 1 mit einer abgeschlossenen Stirnwand 2, die eine zentrale Einlaßöffnung 3 aufweist. Diese steht mit einem in der Zeichnung nicht dargestellten Einblas- und Zündelement in Verbindung, welches ein zündfähiges Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisch herstellt und in die Reaktionskammer 1 einleitet. Dieses zündfähige Gasgemisch wird in der in der Zeichnung nicht dargestellten Zündeinrichtung gezündet, so daß es im Inneren der Reaktionskammer 1 unter Bildung von hochoberhitztem Wasserdampf reagiert. Das Reaktionsprodukt ist bei Verwendung einer stöchiometrischen Gasmi-

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 12 -

schung reiner Wasserdampf.

In der Wand 4 der Reaktionskammer 1 verlaufen achsparallele Kanäle 5 mit geringem Querschnitt, die mit einem am stromaufwärtigen Ende der Reaktionskammer 1 angeordneten, mit einem Wassereinlaß 6 versehenen Ringraum 7 in Verbindung stehen. Diese Wasserkanäle können über den Umfang verteilte, diskrete Kanäle sein, die Kanäle können auch durch einen die Reaktionskammer umgebenden Ringspalt gebildet sein, wobei dann die Innenwand und die Außenwand der Reaktionskammer über in der Zeichnung nicht dargestellte Stege miteinander verbunden sind.

Die Kanäle 5 münden am stromabwärts gelegenen Ende der Reaktionskammer in einen weiteren Ringraum 8, aus dem ein schräg zur Reaktionskammerlängsachse verlaufender Kanal 9 austritt, der in eine Dralldüse 10 in der verschlossenen Stirnwand 11 der Reaktionskammer 1 eintritt. Die Dralldüse ist dabei konzentrisch zur Reaktionskammer 1 angeordnet und weist einen rotationssymmetrischen Hohlraum 12 auf, in den der Kanal 9 derart exzentrisch eintritt, daß durch ihn in den Hohlraum strömendes Medium um die Längsachse der Dralldüse in Drehung versetzt wird. Auf dieser Längsachse ist der Hohlraum 12 über eine zentral angeordnete Einspritzöffnung mit dem Inneren der Reaktionskammer 1 verbunden, so daß das aus dem Hohlraum 12 austretende Wasser entgegen der Gasströmungsrichtung in der Reaktionskammer in Form eines rotationssymmetrischen Schleiers 14 in die Reaktionskammer eingespritzt

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 13 -

wird, wobei sich das eingespritzte Wasser an die Innenwand der Reaktionskammer anlegt und diese zusätzlich kühlt.

In Strömungsrichtung schließt sich an die Reaktionskammer 1 eine ebenfalls zylindrische Verdampferkammer 15 an, die mit der Reaktionskammer über die Stirnwand 11 durchsetzende, die Dralldüse 10 umgebende, schräg nach außen gerichtete Strömungskanäle 16 in Verbindung steht. Diese Strömungskanäle 16 haben gemeinsam gegenüber dem Strömungsquerschnitt in der Reaktionskammer 1 einen wesentlich verringerten Strömungsquerschnitt, so daß in ihnen die Strömungsgeschwindigkeit der Reaktionsgase (Wasserdampf) und des eingespritzten Wassers erheblich erhöht wird.

Die Verdampferkammer, die gegenüber den Strömungskanälen 16 ein erheblich vergrößerten Querschnitt aufweist, verengt sich an ihrem stromabwärts gelegenen Ende konisch und mündet in einen Auslaß 17 ein, der in aus der Zeichnung nicht ersichtlicher Weise unmittelbar an einen Verbraucher angeschlossen werden kann, beispielsweise einen Sterilisator.

Im Betrieb wird ein entzündbares, vorzugsweise stöchiometrisches Gasgemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff in der Reaktionskammer zu Wasserdampf verbrannt. Durch die Kanäle 5 geleitetes Wasser kühlt dabei die Wand der Reaktionskammer und heizt sich selbst dabei stark auf, so daß

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 14 -

das Wasser in den Kanälen vor dem Einspritzen in die Reaktionskammer teilweise verdampft. Man erhält also in der Nähe der Einspritzöffnungen ein Zweiphasengemisch mit einer erhöhten Temperatur, wobei der Druck dieses Zweiphasengemisches und dabei auch die Siedetemperatur durch die Drosselung, die durch den geringen Querschnitt der Einspritzöffnungen erfolgt, deutlich oberhalb dem Umgebungsdruck bzw. der Siedetemperatur bei Umgebungsdruck liegen.

Das Zweiphasengemisch wird im Gegenstrom in die heißen Reaktionsgase in der Reaktionskammer eingespritzt, wobei durch die Drosselung im Bereich der Einspritzöffnungen und die anschließende Entspannung in der Reaktionskammer große Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dampfförmig aus den Einspritzöffnungen austretendem Wasser und flüssigem Wasser auftreten. Diese Strömungsdifferenzen fördern die Verdampfung des flüssigen Wassers. Dieser Effekt wird auch durch die heißen Reaktionsgase und die Gegenstromeinspritzung zusätzlich gefördert.

Anschließend gelangt die Mischung aus flüssigem und gasförmigem Wasserdampf durch die Strömungskanäle in den Verdampferraum, wobei durch den engen Querschnitt in den Strömungskanälen erneut eine Vergrößerung der Geschwindigkeit dieses Zweiphasengemisches eintritt. Durch die danach erfolgende Entspannung im Verdampferraum treten wieder große Geschwindigkeitsdifferenzen auf, die zu einer vollständigen und homogenen Verdampfung des flüssigen

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 15 -

Wassers führen. Auf diese Weise wird das Wasser bis zum Auslaß des Verdampferraums vollständig verdampft, so daß homogener Wasserdampf in den anschließenden Verbraucher eintreten kann. Dieser Wasserdampf durchströmt den als Drosselquerschnitt ausgebildeten Auslaß 17 üblicherweise kritisch. Die Temperatur des ausströmenden Dampfes kann je nach Anwendungszweck auch nur geringfügig über der Siedetemperatur liegen, diese Temperatur kann niedriger sein als die Temperatur des aus der Dralldüse in die Reaktionskammer eingespritzten Zweiphasengemisches.

Der beschriebene Dampferzeuger kann sehr geringe bauliche Abmessungen haben und ist insbesondere auch für die verzögerungsfreie Bereitstellung von Heißdampf wählbaren Zustands auf oder oberhalb der Siedelinie in einem niedrigen Leistungsbereich geeignet, beispielsweise bei einer Leistung von 1 bis 500 kW thermisch. Mit diesem Dampferzeuger ist sowohl ein kontinuierlicher als auch ein intermittierender Betrieb bei konstantem Zustand aber auch bei veränderbarem Dampfzustand und variabler Leistung möglich.

Bei dem in Figur 2 dargestellten abgewandelten Ausführungsbeispiel eines Dampferzeugers sind Teile, die denen des Dampferzeugers der Figur 1 entsprechen, mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Wie im Falle des Dampferzeugers der Figur 1 ist eine Reaktionskammer 1 vorgesehen, in deren Wand Kanäle 5 für

A 46 572 u  
u - 183  
26. März 1985

- 16 -

Wasser angeordnet sind. Die Kanäle 5 umgeben in dem Ausführungsbeispiel der Figur 2 die Innenwand der Reaktionskammer 1 wendelförmig. Zu diesem Zweck kann die Außenwand der Reaktionskammer ein Gewinde tragen, über welches eine Hülse 21 geschoben ist, die dicht an den einzelnen Gewindegängen anliegt und dadurch einen wendelförmigen Kanal ausbildet.

Wie im Ausführungsbeispiel der Figur 1 wird das durch die Kanäle 5 geführte und aufgeheizte Zweiphasengemisch über eine Dralldüse 10 entgegen der Strömungsrichtung der Reaktionsgase in die Reaktionskammer 1 eingespritzt.

Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der Figur 1 wird die Reaktionskammer 1 von einem sich über deren gesamte Länge erstreckenden Ringraum 22 umfassen, der coaxial zur Reaktionskammer 1 angeordnet ist. Er steht über Radialkanäle 23 mit dem stromabwärts gelegenen, von der Stirnwand 11 verschlossenen Ende der Reaktionskammer 1 in Verbindung.

Der Ringraum 22 ist seinerseits von einem weiteren Ringraum 24 umgeben, der ebenfalls coaxial zur Reaktionskammer 1 angeordnet ist. Am stromaufwärts gelegenen Ende des Dampferzeugers sind der innere Ringraum 22 und der äußere Ringraum 24 über Drosselkanäle 25 miteinander verbunden, die einen gegenüber den Ringräumen kleinen Strömungsquerschnitt aufweisen.

Der äußere Ringraum 24 verjüngt sich im Bereich der konisch ausgebildeten Stirnwand 11 ebenfalls konisch und mündet in den Auslaß 17 ein, an den ein geeigneter Verbraucher angeschlossen werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel bilden der innere Ringraum und der äußere Ringraum die Verdampferkammer, diese ist also in zwei Schalen koaxial um die Reaktionskammer 1 herumgelegt, so daß insgesamt eine wesentlich geringere Baulänge des Dampferzeugers im Vergleich zu dem Dampferzeuger der Figur 1 möglich wird. Trotzdem kann in den beiden als Verdampferkammer wirkenden Ringräumen eine vollständige und gleichmäßige Verdampfung des flüssigen Wassers und eine Homogenisierung des Dampfes erfolgen, wobei die Drosselkanäle 25 in der oben bereits beschriebenen Weise durch Erzeugung unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten zu dieser Homogenisierung beitragen. Das in den Kanälen 5 geführte Wasser kann wegen des gegenüber dem Verdampferraum erhöhten Druckes in der Regel auch eine Temperatur annehmen, die über der des zu erzeugenden Dampfes liegt. In diesem Ausführungsbeispiel wird deshalb vom überhitzten Wasser der Kanäle 5 über die Trennwand 21 zusätzlich Wärme an das im Ringraum 22 strömende Wasser-Dampf-Gemisch übertragen und somit die Verdampfung des verbliebenen Wasseranteils gefördert.

Das Ausführungsbeispiel der Figur 3 gleicht dem der Figur 2 weitgehend, einander entsprechende Teile tragen daher dieselben Bezugszeichen. Diese Ausführungsform unterscheidet sich von der der Figur 2 lediglich dadurch, daß den Ringraum 8 radial nach innen gerichtete Ein-

spritzöffnungen 26 mit dem Innenraum der Reaktionskammer 1 verbinden, während die in der Stirnwand 11 angeordnete Dralldüse fehlt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Zweiphasengemisch aus den Kanälen 5 somit am stromabwärtigen Ende der Reaktionskammer radial in diese eingespritzt.

Bei dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel, welches ähnlich aufgebaut ist wie das Ausführungsbeispiel der Figur 1 und bei dem einander entsprechende Teile dieselben Bezugszeichen tragen, ist die Innenwand 32 der Reaktionskammer 1 aus einem porösen Sintermetallrohr aufgebaut, so daß die Kanäle 5 über die Poren in dieser porösen Innenwand unmittelbar in die Reaktionskammer münden, d.h. die Poren wirken als Einspritzöffnungen für das in den Kanälen 5 erhitzte Zweiphasengemisch. Dabei erfolgt ein Austritt im wesentlichen in dem stromabwärts gelegenen Teil, in dem das Wasser durch Temperaturerhöhung teilweise in Dampfform umgewandelt ist. Durch das austretende Dampf-Wasser-Gemisch wird infolge der Strömungsgeschwindigkeit im Reaktionsraum entlang dessen Wand ein Kühlfilm gebildet, der diese Wand vor zu hoher Erwärmung schützt, hierbei Wärme aufnimmt und vollständig verdampft.

Bei diesem Ausführungsbeispiel schließt sich der Verdampferraum stromabwärts an die Reaktionskammer an. In diesem Übergangsbereich kann in der in Figur 1 beschriebenen Weise eine Drosselung der Reaktionsgase erfolgen, dies ist in Figur 4 nicht besonders eingezeichnet.

Selbstverständlich kann eine solche Lösung auch mit einer Verdampferkammer realisiert werden, die entsprechend den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 und 3 durch die Reaktionskammer coaxial umgebende Ringräume realisiert ist.

Fig. 2

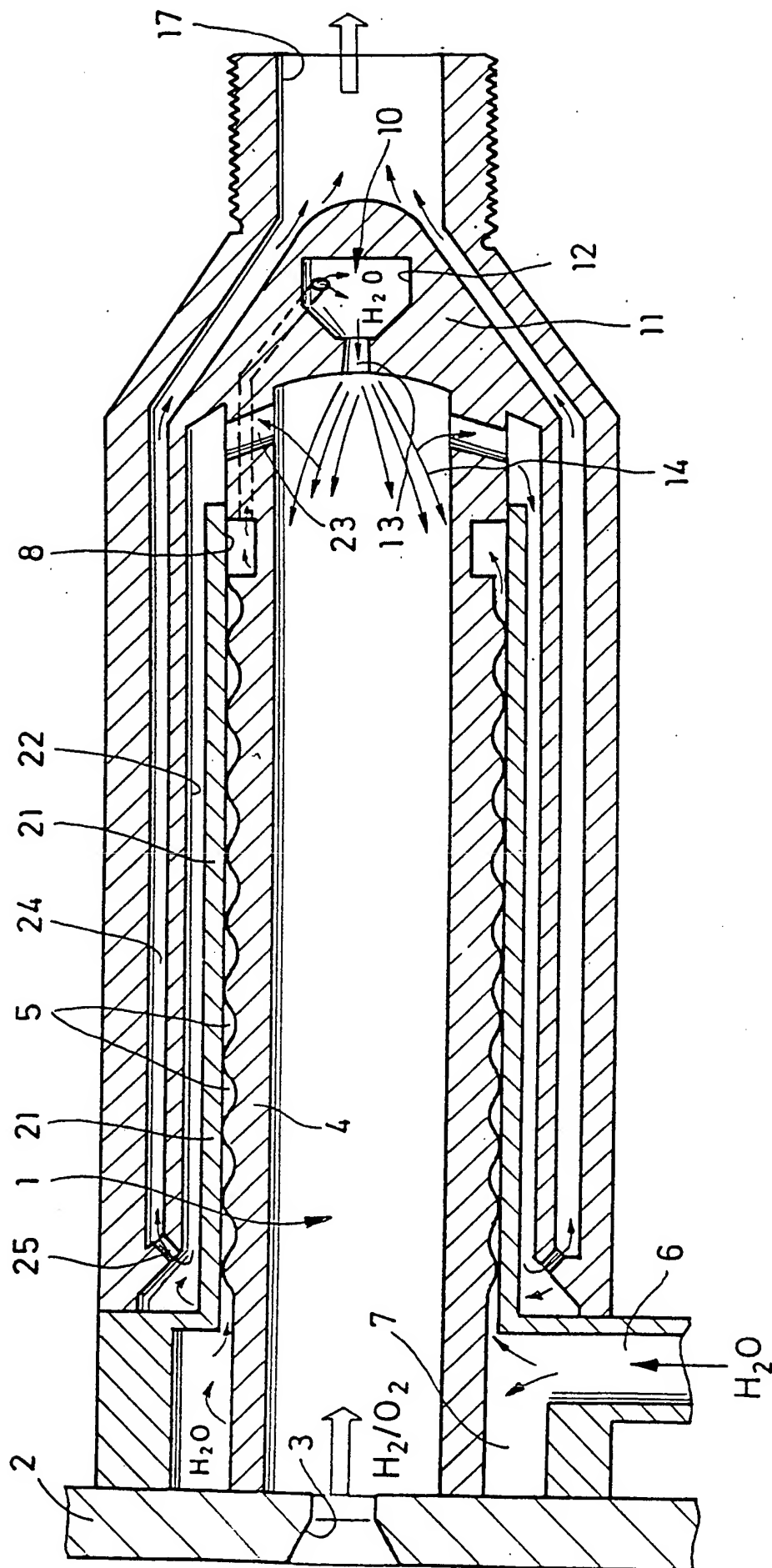


Fig. 3

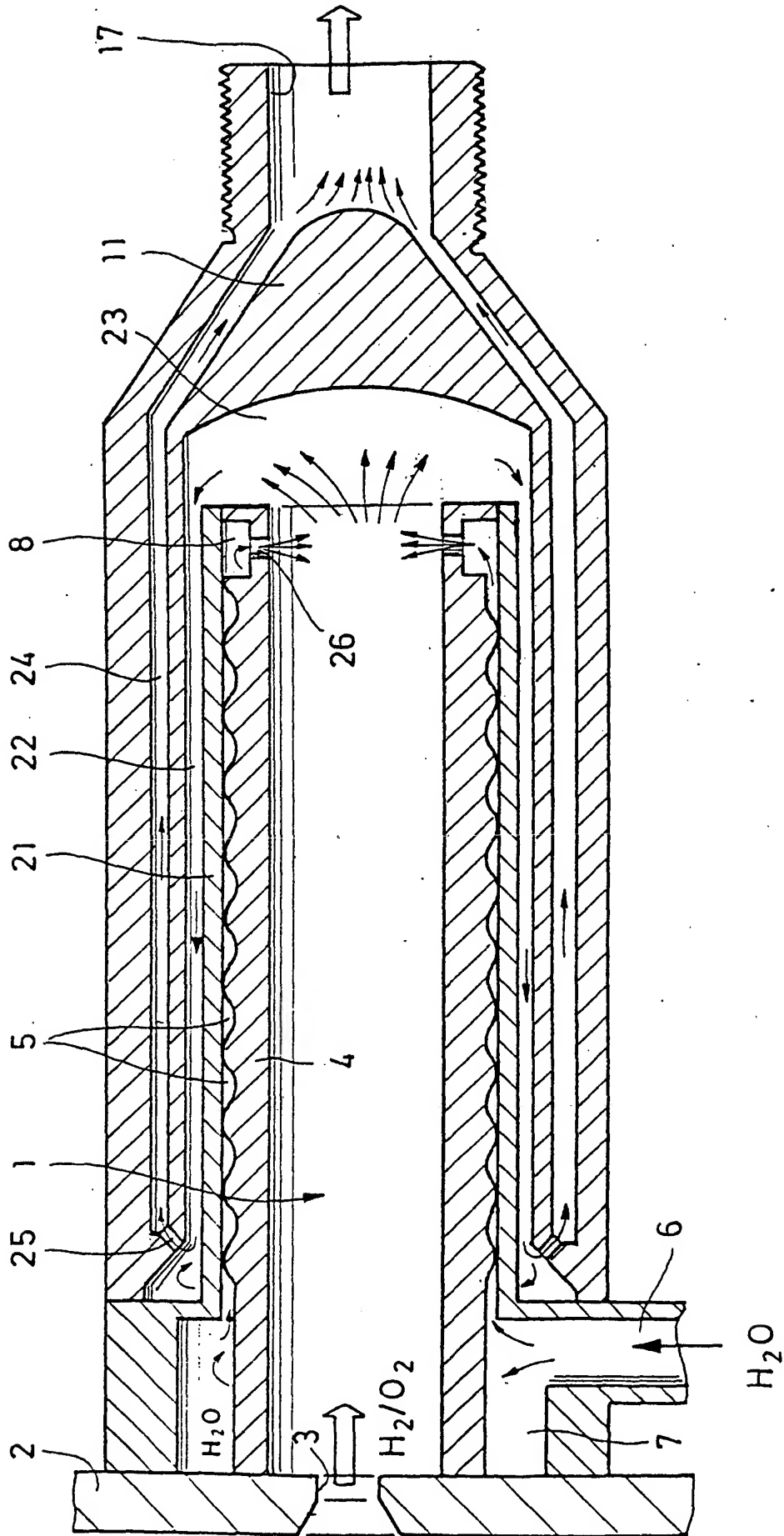


Fig. 4

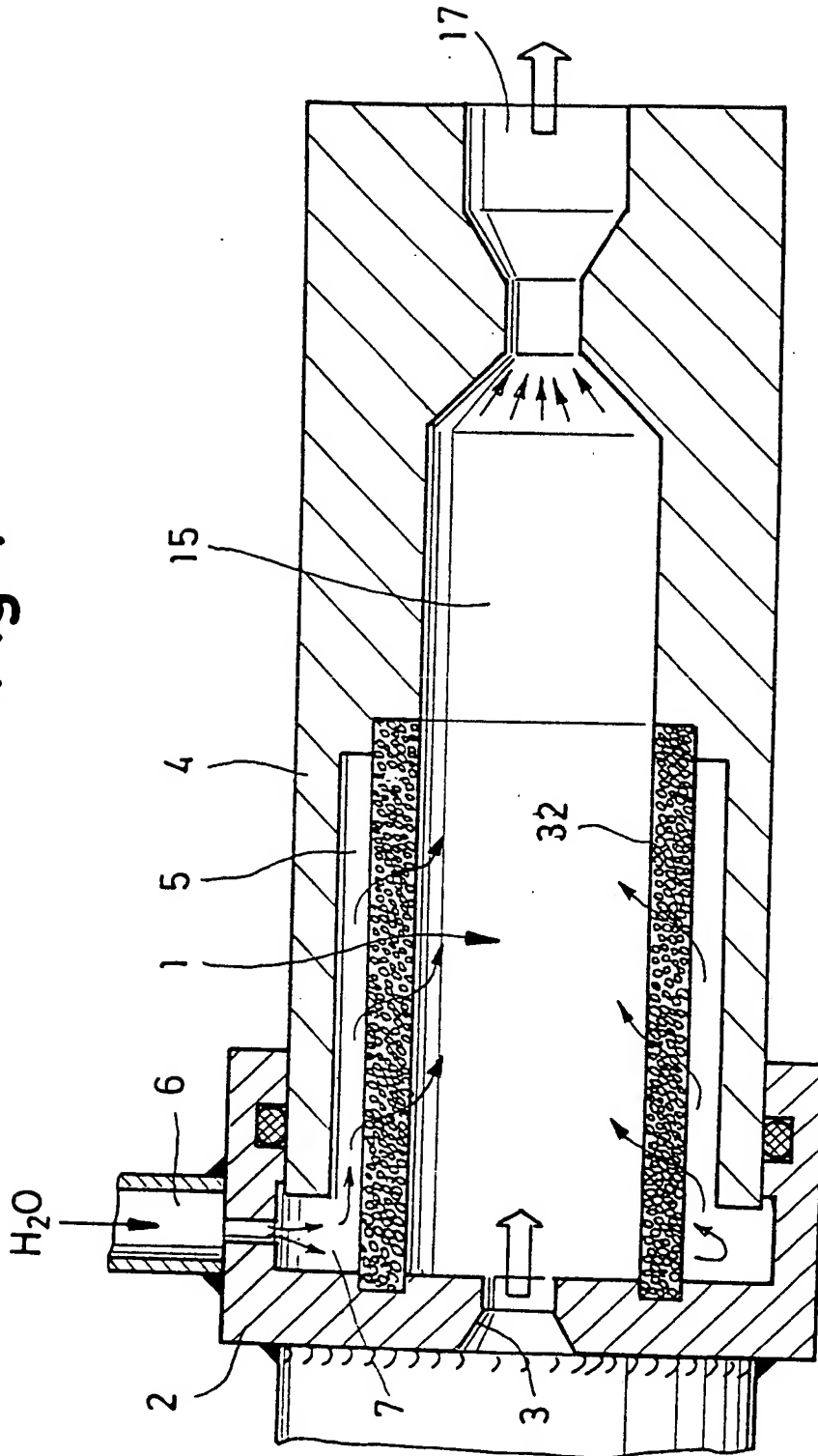


Fig.1

